

# Análise dosimétrica da utilização diária de IGRT no tratamento de próstata com intensidade modulada

## Dosimetric analysis of daily use of IGRT in prostate treatment with intensity modulated

Sandrini E. S.<sup>1</sup>, Silveira TB<sup>1</sup>, Vieira DS<sup>1</sup>, Batista DVS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Cancer Jose de Alencar Gomes da Silva, Rio de Janeiro, Brasil

### Resumo

A aplicação principal da radioterapia guiada por imagem (IGRT) no tratamento de câncer de próstata é garantir a entrega de dose prescrita no tumor. Com a modalidade da tomografia computadorizada em cone (CBCT) a próstata, vesículas seminais, bexiga e o reto podem ser visualizadas antes de cada tratamento e as doses reais entregues a esses órgãos podem ser controladas, através do alinhamento do isocentro do paciente. O objetivo desse estudo foi analisar a cobertura tumoral e doses em órgãos de risco efetivamente obtidas ao longo do tratamento do paciente. Três pacientes com câncer de próstata foram tratados com as técnicas de radioterapia de intensidade modulada (IMRT) ou radioterapia modulada em arco volumétrico (VMAT) com 74 Gy sendo 2 Gy por fração. Foi realizada localização diária do isocentro da próstata com CBCT. Um médico radioterapeuta desenhou o volume clínico de tratamento (CTV), reto e bexiga nos CBCT's e os campos de tratamento foram retrospectivamente aplicados em cada CBCT para o cálculo da dose. Para o CTV considerou-se o D95 (dose que cobre 95% do volume), para reto o V50 (volume que recebe 50 Gy), V60, V65 e V70 e para bexiga o V65 e V70. A média do D95 da próstata após o deslocamento foi de 202 cGy, o V50, V60 e V65 do reto de um paciente foi reduzido em 9,6%, 16,6% e 31%, respectivamente, e o V65 da bexiga de outro paciente também foi reduzido com o IGRT em 3,5%. Os resultados mostraram que com a utilização do IGRT ocorre uma redução do volume dos órgãos sadios irradiados. Assim conclui-se que a utilização de CBCT diário permite que o tratamento seja reproduzível, reduzindo toxicidades tardias e aumentando a probabilidade de controle tumoral.

**Palavras-chave:** IGRT; CBCT; próstata; DVH

### Abstract

The main application of image-guided radiotherapy (IGRT) in the cancer prostate treatment is to ensure the delivery of the prescribed dose to the tumor. With the modality cone beam computed tomography (CBCT) prostate, seminal vesicles, bladder and rectum can be previewed before each treatment and the actual dose delivered to these organs can be controlled, through the alignment of patient isocenter. The aim of this study was to analyze the tumor coverage and dose to organs at risk effectively obtained during the patient's treatment. Three patients with prostate cancer were treated with intensity modulated radiotherapy (IMRT) or volumetric modulated arc radiotherapy (VMAT) techniques with 74 Gy and 2 Gy per fraction. It was performed daily isocenter location of the prostate with CBCT. A radioncologist drew the clinical target volume (CTV), rectum and bladder in CBCT's and treatment fields were applied retrospectively in each CBCT for dose calculation. For the CTV it was considered the D95 (dose that covers 95% of the volume), for the rectum V50 (volume receiving 50 Gy), V60, V65 and V70 and for bladder V65 and V70. The average D95 of the prostate after the offset was 202 cGy, the V50, V60 and V65 of the rectum for one patient was reduced by 9.6%, 16.6% and 31%, respectively, and V65 of the bladder to another patient was also reduced by 3.5% in IGRT. The results showed that the use of IGRT provided a reduction in the irradiated volume of healthy organs. Thus it is concluded that the use of daily CBCT allows reproducibility of treatment, reducing delayed toxicities and increasing the probability of tumor control.

**Keywords:** IGRT; CBCT; prostate; DVH.

### 1. Introdução

As técnicas atuais utilizadas na radioterapia como radioterapia de intensidade modulada (IMRT) e radioterapia volumétrica modulada em arco (VMAT) criam uma conformação complexa no planejamento do tratamento, permitindo doses altas de prescrição e por isso necessitam de precisão diária na localização do alvo durante o curso do tratamento com feixe externo.

No entanto existe uma série de incertezas associadas ao tratamento com radioterapia, dentre elas o delineamento do alvo e órgãos de risco. Além disso, a prescrição de dose para o controle local pode ser limitada em função da dose suportada por órgãos sadios vizinhos. Mesmo que estas incertezas sejam sanadas, ainda existem as referentes a entrega da dose. Estas incluem erros de *setup* sistemáticos e aleatórios, variações nos

estados fisiológicos dos órgãos que podem, inclusive, causar movimentação interfração e intrafração do alvo. A radioterapia guiada por imagem (IGRT) pode ser usada para monitorar, quantificar, corrigir e adaptar essas variações.

Sem IGRT seria muito difícil ou impossível determinar a dose que efetivamente foi depositada no volume alvo para pacientes submetidos a tratamento radioterápico com feixe externo. Esses erros de *setup*, deformação e movimentação do alvo intra e interfração podem resultar em distribuições de dose diferentes da planejada, especialmente nos casos de IMRT e VMAT, onde existe um gradiente de dose acentuado.

Pawlowski et al.<sup>1</sup> avaliou a cobertura tumoral de oito pacientes submetidos a radioterapia em próstata com a utilização de *cone beam computed tomography* (CBCT) semanal. Este mostrou que a utilização de imagens geradas pelo CBCT podem ser usadas para cálculo volumétrico de dose, permitindo cálculos retrospectivos da dose depositada durante o tratamento.

Este estudo utilizou CBCT diário em 3 pacientes submetidos a radioterapia para câncer de próstata com as técnicas de IMRT ou VMAT para analisar as doses depositadas na próstata, reto e bexiga ao longo do curso de tratamento. O objetivo desse trabalho foi comparar os histogramas dose volume (DVH) da bexiga e reto com e sem a utilização de IGRT, avaliar a variação dos volumes desses órgãos e verificar o impacto da utilização de IGRT na cobertura da próstata.

**2. Materiais e Métodos**

Os pacientes foram tomografados em decúbito dorsal com suporte de Joelho e orientados a beber quatro copos d'água e evacuar antes do exame. Um médico radioterapeuta delineou o volume clínico de tratamento (CTV) como a soma dos volumes da próstata e vesículas seminais, gerando um volume alvo de planejamento (PTV) a partir de uma margem simétrica de 1 cm. A dose prescrita foi de 74Gy sendo 2Gy dia, otimizada com sete campos coplanares no caso do IMRT e o com dois arcos completos para o VMAT.

Antes do tratamento as mesmas orientações de preparo fisiológico foram fornecidas aos pacientes. Primeiramente os pacientes foram alinhados pelas marcações na pele. Com o sistema *On-Board Imaging* (OBI) da Varian (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA), foram adquiridos imagens com o CBCT de kilovoltagem, reconstruídos com espaçamento de 2 mm. O alinhamento on-line da CT de planejamento com o CBCT foi realizado pelo mesmo médico radioterapeuta, utilizando como referência o CTV. Os deslocamentos nas direções crânio-caudal, latero-lateral e antero-posterior foram adquiridos antes do início do tratamento.

Os 94 CBCT's foram importados para o sistema de planejamento Eclipse da Varian, onde foram delineados a próstata, vesículas seminais, reto e bexiga e gerado o PTV como uma margem

simétrica de 1 cm do CTV. Foi realizado o cálculo da dose em cada CBCT para o mesmo plano original de tratamento. Segundo Hammoud et al<sup>2</sup> há uma dependência do CBCT com as unidades de Hounsfield (HU) que varia de 0,1-2,4%, assim não foi utilizada a correção de heterogeneidade.

O objetivo do tratamento de radioterapia é depositar a dose prescrita no volume alvo, assim o parâmetro de estudo da cobertura do CTV foi o D95, ou seja, a dose em cGy que cobre 95% do alvo. Essa dose corresponde a dose prescrita de 200 cGy. Para o reto e bexiga existe grande variação ao longo dos dias, assim as variáveis do estudo foram em volume absoluto (cm<sup>3</sup>). Foi feito uma média dos volumes em cada CBCT das duas estruturas. A partir dessa média foi calculado o DVH. Para análise dos órgãos de risco foi utilizado como parâmetro o Quantec<sup>3-4</sup>, mesmo estudo em que foram baseados os planejamentos. Para o reto foram analisados os volumes que recebem 50 Gy (V50), 60 Gy (V60), 65 Gy (V65) e 70 Gy (V70), e para a bexiga os volumes que recebem 65 Gy (V65) e 70 Gy (V70).

**3. Resultados**

A figura 1 mostra as variação nos volumes da bexiga, reto e CTV de um paciente ao longo das seções de tratamento.

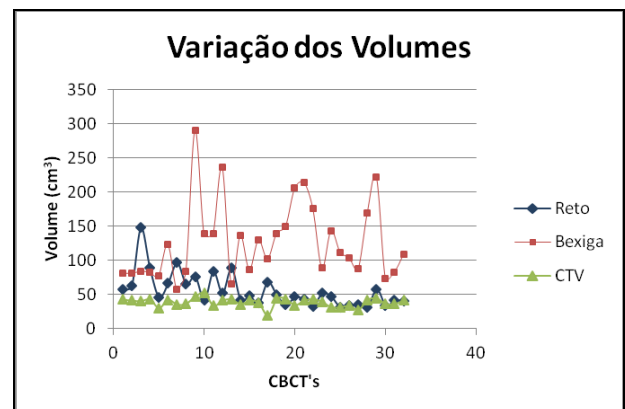


Figura 1. Variação dos volumes do paciente 1.

A tabela 1 e 2 mostra os V50, V60, V65 e V70 do reto e bexiga do planejamento, da aquisição pelo posicionamento da marcação na pele e do deslocamento após o registro das imagens pelo médico radioterapeuta.

Tabela 1. Doses depositadas no reto.

Constraint		Pac.1	Pac.2	Pac.3
V50	Planejado	30%	33%	38%
	Aquisição	43%	22%	52%
	Deslocado	37%	20%	47%
	LIMITE <sup>3</sup>		50%	
V60	Planejado	23%	23%	27%
	Aquisição	35%	10%	36%
	Deslocado	28%	5%	30%
	LIMITE <sup>3</sup>		35%	
V65	Planejado	20%	15%	22%
	Aquisição	29%	5%	29%
	Deslocado	25%	3%	20%

	<b>LIMITE<sup>3</sup></b>		25%	
V70	Planejado	17%	5%	17%
	Aquisição	20%	2%	20%
	Deslocado	20%	0%	10%
	<b>LIMITE<sup>3</sup></b>		20%	

**Tabela 2.** Doses depositadas na bexiga

Constraint		Pac.1	Pac.2	Pac.3
V65	Planejado	13%	40%	13%
	Aquisição	15%	57%	17%
	Deslocado	15%	55%	15%
	<b>LIMITE<sup>3</sup></b>		50%	
V70	Planejado	10%	15%	10%
	Aquisição	10%	30%	12%
	Deslocado	10%	30%	11%
	<b>LIMITE<sup>3</sup></b>		35%	

A figura 2 e 3 mostra o exemplo de DVH do reto e bexiga ao longo do curso de um tratamento.

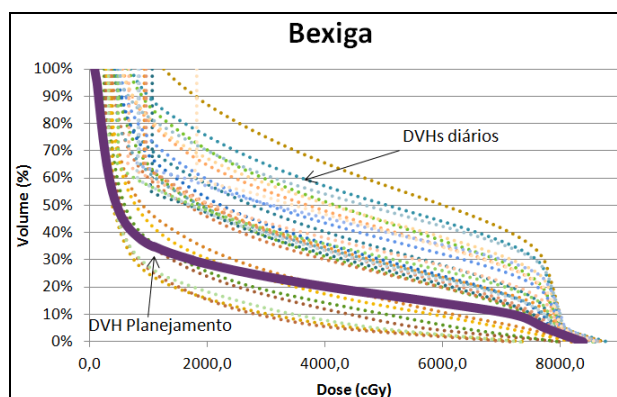


Figura 2. DVH da bexiga para todas as 37 frações do paciente 1.

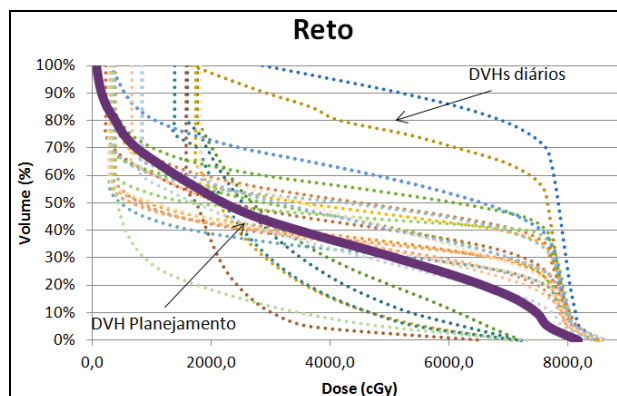


Figura 3. DVH do reto para todas as 37 frações do paciente 1.

A figura 4 e 5 mostra a comparação do DVH da bexiga e reto do planejamento, aquisição e deslocamento dos CBCT's.

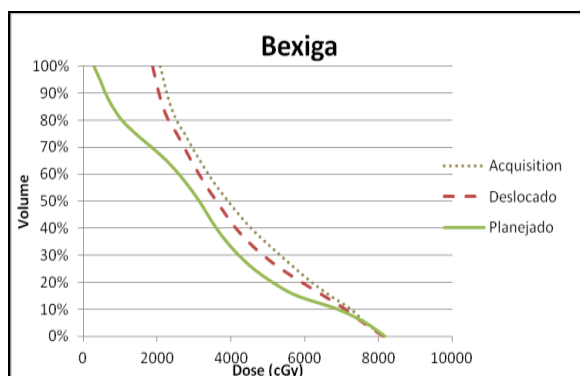


Figura 4. Comparação do DVH da bexiga do paciente 3.

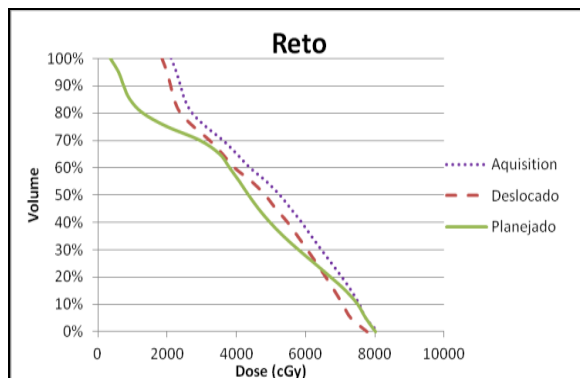


Figura 5. Comparação do DVH do reto do paciente 3.

A figura 6 mostra o D95 (dose que cobre 95% do volume) da próstata. Comparando os máximos, mínimos e a média (+- desvio padrão) antes do CBCT (ACQ) a após o deslocamento (DESL) com o D95 do planejamento.

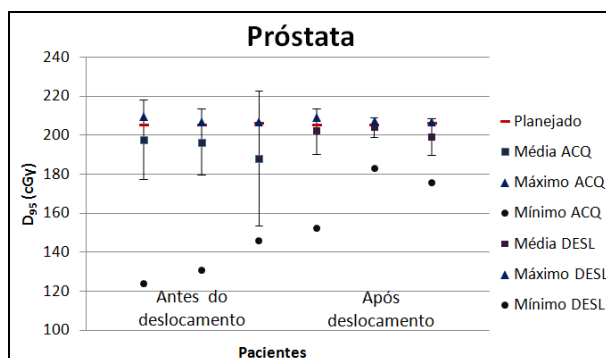


Figura 6. D95 da próstata planejada, média e faixa e todos os pacientes.

#### 4. Discussão

Para a amostra estudada a média do D95 da próstata após o deslocamento foi de 202 cGy variando numa faixa de 199-204 cGy e antes do deslocamento foi 194 cGy variando entre 1,88-198 cGy, como mostra a figura 6. A média após deslocamento se aproxima do dose planejada, melhorando a reprodutibilidade na prescrição da dose. A cobertura do CTV demonstra que a margem utilizada é suficiente<sup>5</sup>, ou seja, deformações anatômicas na próstata não afetam a cobertura quando o PTV for uma margem simétrica de 10 mm a partir do CTV.

Para o paciente 3 o V50 do reto foi excedido em 4% na aquisição (sem IGRT), o V60 excedeu 3% e o V65 16%. Para o paciente 2 houve uma

superdosagem do V65 da bexiga em 14%. No entanto quando há o deslocamento todos os volumes irradiados são reduzidos, ficando até abaixo do limite estipulado pelo Quantec<sup>3-4</sup>. Com a utilização de IGRT no paciente 3 o V50, V60 e V65 do reto foi reduzido em 9,6%, 16,6% e 31%, respectivamente, ficando abaixo do limite. Na bexiga do paciente 2 o V65 também foi reduzido com o IGRT em 3,5% porém se manteve 10% acima do limite estipulado, em função da grande variação do volume da mesma.

Houve uma menor variação no volume do reto em comparação com o volume da bexiga, no entanto a dose depositada no reto variou aleatoriamente ao longo do curso do tratamento, como mostra a figura 3, enquanto que na bexiga a variação foi tendenciosa para mais, como mostra a figura 2. A instrução aos pacientes quanto ao esvaziamento do reto e enchimento da bexiga antes do tratamento muitas das vezes não é seguida, o que resulta na não reprodutibilidade da situação de planejamento. Essa falta de preparo afeta consideravelmente o tratamento radioterápico<sup>6</sup>. Mesmo com a realização de IGRT os DVH's da bexiga e reto, figura 4 e 5, mostram que a dose real recebida por esses órgãos foi superior ao planejado.

Além disso a próstata é movimentada em função do estado fisiológico desses órgãos, o que altera completamente o isocentro de tratamento. Quando o reto enche a próstata é deslocada para frente e quando a bexiga está vazia esta sobe. A figura 7 mostra a influencia da anatomia do reto e bexiga para o posicionamento da próstata.

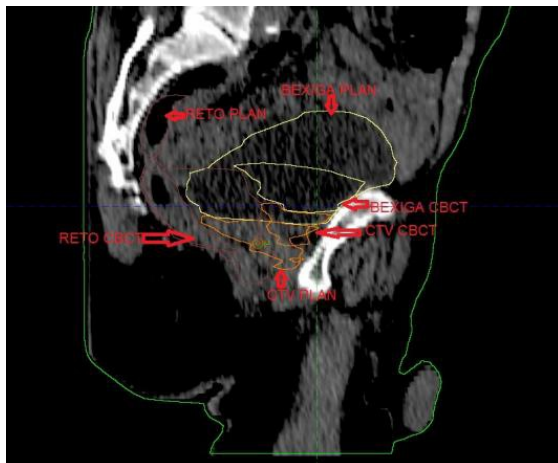


Figura 7. Movimentação da próstata com o enchimento do reto e esvaziamento da bexiga.

## 5. Conclusões

O presente estudo demonstra claramente como a aquisição de imagem antes do tratamento é essencial para que o alvo receba a dose prescrita e o tratamento seja reprodutível. As doses nos órgãos sadios que estejam acima do limite são reduzidas, evitando assim toxicidades tardias e proporcionando controle tumoral eficaz. Além de permitir que, em casos extremos de variação do volume de bexiga e reto, o paciente seja

reorientado ou que o planejamento seja adaptado à nova condição.

## Referências

1. Pawlowski JM, Yang ES, Malcolm AW. Reduction of dose delivered to organs at risk in prostate cancer patients via image-guided radiation therapy. Elsevier 2010; 76(3):924-934.
2. Hammond R, Patel S, Pradhan D, Kim J, Guan H, Li S, Movsas B. Examining margin reduction and its impact on dose distribution for prostate cancer patients undergoing daily cone-beam computed tomography. Elsevier 2008; 71(1):265-273.
3. Michalski JM, Gay H, Jackson A, Tucker SL, Deasy JO. Radiation Dose-volume effects in radiation-induced rectal injury. Elsevier Quantec: organ-specific paper 2010; 76(3):S123-S129.
4. Viswabathan AN, Yorke ED, Marks LB, Eifel PJ, Shipley WU. Radiation dose-volume effects of the urinary bladder. Elsevier: Quantec: organ-specific paper 2010; 76(3):S116-S122.
5. Kupelian P, Langen KM, Zeidan OA, Meeks SL, Willoughby TR. Elsevier 2006; 66(3):876-882.
6. Ki Y, Kim W, Nam J, Kim D, Lee J, Park D, Jeon H, Ha H, Kim T. Probiotics for rectal volume variation during radiation therapy for prostate cancer. International journal of radiation oncology biology physics 2013; 87(4):646-650.

## Contato:

Emmily Sandrini

E-mail: [emmilyfisica@gmail.com](mailto:emmilyfisica@gmail.com)